



⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑯ Offenlegungsschrift
⑯ DE 101 59 281 A 1

⑯ Int. Cl. 7:
H 04 M 9/08
H 04 M 1/60

DE 101 59 281 A 1

⑯ Aktenzeichen: 101 59 281.7
⑯ Anmeldetag: 4. 12. 2001
⑯ Offenlegungstag: 18. 6. 2003

⑯ Anmelder:
Harman Becker Automotive Systems (Becker
Division) GmbH, 76307 Karlsbad, DE

⑯ Vertreter:
Patentanwälte Westphal, Mussgnug & Partner,
78048 Villingen-Schwenningen

⑯ Erfinder:
Gierl, Stefan, 76133 Karlsruhe, DE; Benz, Christoph,
77797 Ohlsbach, DE

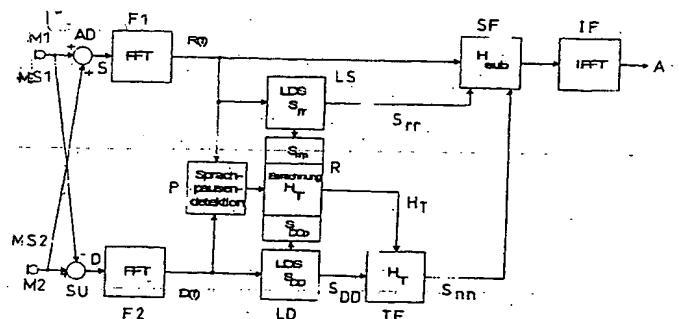
⑯ Entgegenhaltungen:
DE 198 18 608 A1
MARTINEZ, R.; ALVAREZ, A.; GOMEZ, P.; NIETO, V.;
RODELLAR, V.: "Combination of adaptive filtering
and spectral subtraction for noise removal"; IN:
Circuits and Systems, 2001, ISCAS 2001, The 2001
IEEE International Symposium on, Volume: 2,
6-9 May 2001, Page(s): 793-796, Vol. 2;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Verfahren zur Unterdrückung von Umgebungsgeräuschen bei einer Freisprecheinrichtung sowie
Freisprecheinrichtung

⑯ Um bei einer Freisprecheinrichtung z. B. in einem Kraftfahrzeug die Umgebungsgeräusche weitestgehend zu unterdrücken, sind zwei Mikrofone (M1, M2) zueinander beabstandet angeordnet, deren Ausgangssignale (MS1, MS2) in einem Addierer (AD) addiert und in einem Subtrahierer (SU) subtrahiert werden. Das Summensignal (S) des Addierers (AD) wird in einem ersten Fouriertransformator (F1) und das Differenzsignal (D) des Subtrahierers (SU) in einem zweiten Fouriertransformator (F2) fouriertransformiert. Aus den beiden Fouriertransformierten R(f) und D(f) detektiert ein Sprachpausendetektor (P) Sprachpausen, während denen eine dritte Recheneinheit (R) aus der spektralen Leistungsdichte S_{rr} des Summensignals (S) und der spektralen Leistungsdichte S_{dd} des Differenzsignals (D) die Übertragungsfunktion H_T eines adaptiven Transformationsfilters (TF) berechnet. Die Übertragungsfunktion eines Spektralsubtraktionsfilters (SF), an dessen Eingang die Fouriertransformierte R(f) des Summensignals (S) liegt, wird aus der spektralen Leistungsdichte S_{rr} des Summensignals (S) und der vom adaptiven Transformationsfilter (TF) erzeugten Störleistungsdichte S_{nn} gebildet. Der Ausgang des Spektralsubtraktionsfilters (SF) ist mit dem Eingang eines inversen Fouriertransformators (IF) verbunden, an dessen Ausgang ein weitgehend von Umgebungsgeräuschen freies Audiosignal (A) im Zeitbereich abnehmbar ist.



Best Available Copy

DE 101 59 281 A 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Unterdrückung von Umgebungsgeräuschen bei einer Freisprecheinrichtung mit zwei in vorgebarem Abstand zueinander angeordneten Mikrofonen.

[0002] Die Erfindung betrifft weiter eine Freisprecheinrichtung mit zwei in vorgebarem Abstand zueinander angeordneten Mikrofonen.

[0003] Beim Einsatz von Freisprecheinrichtungen stellen Umgebungsgeräusche einen starken Störfaktor dar, der die Sprachverständlichkeit erheblich beeinträchtigen kann. Autotelefone sind mit Freisprecheinrichtungen ausgerüstet, damit der Fahrer sich voll auf das Führen des Fahrzeugs und den Straßenverkehr konzentrieren kann. In einem Fahrzeug treten aber besonders laute und störende Umgebungsgeräusche auf.

[0004] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Unterdrückung von Umgebungsgeräuschen für eine Freisprecheinrichtung sowie eine Freisprecheinrichtung so zu gestalten, daß Umgebungsgeräusche möglichst vollständig unterdrückt werden.

[0005] Verfahrensmäßig wird diese Aufgabe mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst.

[0006] Vorrichtungsmäßig wird diese Aufgabe mit den im Anspruch 10 angegebenen Merkmalen gelöst.

[0007] Die erfindungsgemäße Freisprecheinrichtung ist mit zwei Mikrofonen ausgerüstet, die in einem vorgebaren Abstand zueinander angeordnet sind. Der Abstand des Sprechers zu den Mikrofonen ist kleiner gewählt als der sog. Hallradius, so daß die Direktschallanteile des Sprechers am Ort der Mikrofone über die im Raum auftretenden Reflexionsanteile dominieren.

[0008] Aus den von den Mikrofonen gelieferten Mikrofonsignalen werden das Summen- und das Differenzsignal gebildet, aus denen mittels eines Fouriertransformators die Fouriertransformierte des Summen- und die Fouriertransformierte des Differenzsignals gebildet werden.

[0009] Aus diesen Fouriertransformierten werden die Sprachpausen z. B. dadurch detektiert, daß deren mittlere Kurzzeitleistungen ermittelt werden. Während Sprachpausen sind die Kurzzeitleistungen des Summen- und des Differenzsignals ungefähr gleich, weil es bei unkorrelierten Signalanteilen keine Rolle spielt, ob sie vor der Leistungsberechnung addiert oder subtrahiert werden, während bei Sprachbeginn aufgrund des stark korrelierten Sprachanteils die Kurzzeitleistung im Summensignal gegenüber der Kurzzeitleistung im Differenzsignal deutlich ansteigt. Dieser Anstieg läßt sich leicht detektieren und zur sicheren Detektion einer Sprachpause nutzen. Eine Sprachpause kann deshalb sogar bei lauten Umgebungsgeräuschen mit großer Sicherheit detektiert werden.

[0010] Das erfindungsgemäße Verfahren sieht weiter vor, aus der Fouriertransformierten des Summensignals und aus der Fouriertransformierten des Differenzsignals die spektrale Leistungsdichte zu ermitteln, aus denen die Übertragungsfunktion für ein adaptives Transformationsfilter berechnet wird. Dieses adaptive Transformationsfilter erzeugt durch Multiplikation der Leistungsdichte der Fouriertransformierten des Differenzsignals mit seiner Übertragungsfunktion die Störleistungsdichte. Aus der spektralen Leistungsdichte der Fouriertransformierten des Summensignals und aus der vom adaptiven Transformationsfilter erzeugten Störleistungsdichte wird die Übertragungsfunktion eines ebenfalls adaptiven Spektralsubtraktionsfilters berechnet, das die Fouriertransformierte des Summensignals filtert und an seinem Ausgang ein weitestgehend von Umgebungsgeräuschen freies Audiosignal im Frequenzbereich liefert, das

mittels eines inversen Fouriertransformators in den Zeitbereich zurück transformiert wird. Am Ausgang dieses inversen Fouriertransformators kann daher ein weitestgehend von Umgebungsgeräuschen freies Audio- oder Sprachsignal im Zeitbereich abgenommen und weiter verarbeitet werden.

[0011] Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Freisprecheinrichtung werden anhand des in der Figur gezeigten Ausführungsbeispiels näher beschrieben und erläutert.

[0012] Der Ausgang eines ersten Mikrofons M1 ist mit dem ersten Eingang eines Addierers AD und dem ersten Eingang eines Subtrahierers SU verbunden, während der Ausgang eines zweiten Mikrofons M2 mit dem zweiten Eingang des Addierers AD und dem zweiten Eingang des Subtrahierers SU verbunden ist. Der Ausgang des Addierers AD ist mit dem Eingang eines ersten Fouriertransformators F1 verbunden, dessen Ausgang mit dem ersten Eingang eines Sprachpausendetektors P, dem Eingang einer ersten Recheneinheit LS zur Berechnung der spektralen Leistungsdichte S_{rr} der Fouriertransformierten R(f) des Summensignals S und mit dem Eingang eines adaptiven Spektralsubtraktionsfilters SF verbunden ist.

[0013] Der Ausgang des Subtrahierers SU ist mit dem Eingang eines zweiten Fouriertransformators F2 verbunden, dessen Ausgang mit dem zweiten Eingang des Sprachpausendetektors P und mit dem Eingang einer zweiten Recheneinheit LD zur Berechnung der spektralen Leistungsdichte S_{DD} der Fouriertransformierten D(f) des Differenzsignals D verbunden ist. Der Ausgang der ersten Recheneinheit LS ist mit einer dritten Recheneinheit zur Berechnung der Übertragungsfunktion eines adaptiven Transformationsfilters TF und mit dem ersten Steuereingang des adaptiven Spektralsubtraktionsfilters SF verbunden, dessen Ausgang mit dem Eingang eines inversen Fouriertransformators IF verbunden ist. Der Ausgang der zweiten Recheneinheit LD ist mit der dritten Recheneinheit R und dem Eingang des adaptiven Transformationsfilters TF verbunden, dessen Ausgang mit dem zweiten Steuereingang des adaptiven Spektralsubtraktionsfilters SF verbunden ist. Der Ausgang des Sprachpausendektors P ist ebenfalls mit der dritten Recheneinheit R verbunden, deren Ausgang mit dem Steuereingang des adaptiven Transformationsfilters TF verbunden ist.

[0014] Die beiden Mikrofone M1 und M2 sind, wie bereits erwähnt, in einem Abstand zum Sprecher angeordnet, der kleiner als der sog. Hallradius ist. Aus diesem Grund dominieren die Direktschallanteile des Sprechers am Ort der Mikrofone über die in einem geschlossenen Raum, z. B. dem Innenraum eines Fahrzeugs, auftretenden Reflexionsanteile.

[0015] Im Addierer AD wird das Summensignal S der Mikrofonsignale MS1 und MS2 der beiden Mikrofone M1 und M2 gebildet, während im Subtrahierer SU das Differenzsignal D der Mikrofonsignale MS1 und MS2 gebildet wird.

[0016] Der erste Fouriertransformator F1 bildet die Fouriertransformierte R(f) des Summensignals S. Ebenso bildet der zweite Fouriertransformator F2 die Fouriertransformierte D(f) des Differenzsignals D.

[0017] Im Sprachpausendetektor P wird die Kurzzeitleistung der Fouriertransformierten R(f) des Summensignals S und der Fouriertransformierten D(f) des Differenzsignals D ermittelt. Während Sprachpausen unterscheiden sich die beiden Kurzzeitleistungen kaum voneinander, weil es für unkorrelierte Signalanteile keine Rolle spielt, ob sie vor der Leistungsberechnung addiert oder subtrahiert werden. Bei Sprachbeginn steigt dagegen aufgrund des stark korrelierten Sprachanteils die Kurzzeitleistung im Summensignal gegenüber der Kurzzeitleistung im Differenzsignal deutlich

an. Dieser Anstieg zeigt daher das Ende einer Sprachpause und den Beginn von Sprache an. [0018] Die erste Recheneinheit LS berechnet durch zeitliche Mittelung die spektrale Leistungsdichte S_{rr} der Fouriertransformierten $R(f)$ des Summensignals S. Ebenso berechnet die zweite Recheneinheit LD die spektrale Leistungsdichte S_{DD} der Fouriertransformierten $D(f)$ des Differenzsignals D. Die dritte Recheneinheit R berechnet nun aus der Leistungsdichte $S_{rrp}(f)$ und aus der spektralen Leistungsdichte $S_{DDp}(f)$ während der Sprachpausen die Übertragungsfunktion $H_T(f)$ des adaptiven Transformationsfilters TF nach folgender Formel (1)

$$H_T(f) = S_{rrp}(f)/S_{DDp}(f) \quad (1)$$

[0019] Vorzugsweise wird durch eine zusätzliche zeitliche Mittelung – also eine Glättung – der auf diese Weise gewonnenen Koeffizienten der Übertragungsfunktion die Unterdrückung von Umgebungsgeräuschen erheblich verbessert, weil das Auftreten von sog. Artefakten, die häufig auch als "musical tones" bezeichnet werden, verhindert wird.

[0020] Die spektrale Leistungsdichte $S_{rr}(f)$ wird durch zeitliche Mittelung aus der Fouriertransformierten $R(f)$ des Summensignals S gewonnen, während auf gleiche Weise die spektrale Leistungsdichte $S_{DD}(f)$ durch zeitliche Mittelung aus der Fouriertransformierten $D(f)$ des Differenzsignals D berechnet wird.

[0021] Beispielsweise wird die spektrale Leistungsdichte S_{rr} nach folgender Formel (2) berechnet:

$$S_{rr}(f, k) = c \cdot |R(f)|^2 + (1 - c) \cdot S_{rr}(f, k - 1) \quad (2)$$

[0022] Analog hierzu wird z. B. die spektrale Leistungsdichte $S_{DD}(f)$ nach folgender Formel (3) berechnet:

$$S_{DD}(f, k) = c \cdot |D(f)|^2 + (1 - c) \cdot S_{DD}(f, k - 1) \quad (3)$$

c ist eine zwischen 0 und 1 liegende Konstante, welche die Mittelungszeitdauer bestimmt. Für c = 1 findet keine zeitliche Mittelung mehr statt, vielmehr werden direkt die Betragsquadrate der Fouriertransformierten $R(f)$ und $D(f)$ als Schätzwerte für die spektralen Leistungsdichten genommen. Die Berechnung der restlichen spektralen Leistungsdichten, die für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens benötigt werden, erfolgt vorzugsweise in der gleichen Weise.

[0023] Das adaptive Transformationsfilter TF erzeugt mittels seiner Übertragungsfunktion $H_T(f)$ aus der spektralen Leistungsdichte $S_{DD}(f)$ der Fouriertransformierten $D(f)$ die Störleistungsdichte S_{nn} nach folgender Formel (4):

$$S_{nn}(f) = H_T \cdot S_{DD}(f) \quad (4)$$

[0024] Mit Hilfe der aus der Fouriertransformierten $D(f)$ des Differenzsignals D berechneten Störleistungsdichte S_{nn} und der von der ersten Recheneinheit LS berechneten spektralen Leistungsdichte S_{rr} des Summensignals, also des gestörten Signals wird die Übertragungsfunktion H_{sub} des Spektralsubtraktionsfilters SF nach folgender Vorschrift (5) berechnet:

$$H_{sub}(f) = 1 - a \cdot S_{nn}(f)/S_{rr}(f)$$

$$H_{sub}(f) = b \quad (5)$$

für $1 - a \cdot S_{nn}(f)/S_{rr}(f) > b$

für $1 - a \cdot S_{nn}(f)/S_{rr}(f) \leq b$

[0025] Der Parameter a stellt hierbei den sog. Überschätz-

faktor dar, während b den sog. "spectral floor" repräsentiert.

[0026] Die von den Mikrofonen M1 und M2 aufgenommenen Störanteile, die als diffuse Schallwellen auf die Mikrofone M1 und M2 treffen, können für fast das gesamte interessierende Frequenzband als nahezu unkorreliert betrachtet werden. Allerdings besteht in Abhängigkeit vom Abstand der beiden Mikrofone M1 und M2 zueinander bei tiefen Frequenzen noch eine gewisse Korrelation, die dazu führt, daß die im Referenzsignal enthaltenen Störanteile gewissermaßen hochpaßgefiltert erscheinen. Damit eine Fehl einschätzung der tiefenfrequenten Störanteile bei der Spektral subtraktion vermieden wird, erfolgt eine spektrale Anhebung der tiefenfrequenten Anteile des Referenzsignals mit Hilfe des in der Figur gezeigten adaptiven Transformations filters TF.

[0027] Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Freisprechschaltung, die insbesondere für ein Autotelefon geeignet sind, zeichnen sich durch eine hervorragende Sprachqualität und Sprachverständlichkeit aus, weil der Schätzwert für die Störleistungsdichte S_{nn} unabhängig von der Sprachaktivität permanent aktualisiert wird. Somit wird auch die Übertragungsfunktion des Spektralsubtraktionsfilters SF ständig, sowohl während Sprachaktivität als auch während der Sprachpausen, aktualisiert. Wie bereits erwähnt, werden Sprachpausen sicher und genau detektiert, was für die Aktualisierung des Transformationsfilters TF erforderlich ist.

[0028] Das Audiosignal am Ausgang des Spektralsubtraktionsfilters SF, das weitgehend frei von Umgebungsgeräuschen ist, wird einem inversen Fouriertransformator IF zugeführt, der das Audiosignal zurück in den Zeitbereich transformiert.

Bezugszeichenliste

35	A in den Zeitbereich zurück transformiertes Audiosignal
	AD Addierer
	D Differenzsignal
	D(f) Fouriertransformierte des Differenzsignals
40	F1 erster Fouriertransformator
	F2 zweiter Fouriertransformator
	H _{sub} Übertragungsfunktion des Spektralsubtraktionsfilters
	H _T Übertragungsfunktion des Transformationsfilters
	IF inverser Fouriertransformator
45	LD zweite Recheneinheit zur Berechnung der spektralen Leistungsdichte
	LS erste Recheneinheit zur Berechnung der spektralen Leistungsdichte
	MS1 Mikrofonsignal
50	MS2 Mikrofonsignal
	M1 Mikrofon
	M2 Mikrofon
	P Sprachpausendetektor
55	R dritte Recheneinheit zur Berechnung der Übertragungsfunktion des Transformationsfilters
	R(f) Fouriertransformierte des Summensignals
	S Summensignal
	SF Spektralsubtraktionsfilter
	SU Subtrahierer
60	S _{DD} spektrale Leistungsdichte des Differenzsignals
	S _{nn} Störleistungsdichte
	S _{rr} spektrale Leistungsdichte des Summensignals
	TF Transformationsfilter

Patentansprüche

1. Verfahren zur Unterdrückung von Umgebungsgeräuschen bei einer Freisprecheinrichtung mit zwei in

vorgebbaarem Abstand zueinander angeordneten Mikrofonen (M1, M2), die je ein Mikrofonsignal (MS1, MS2) liefern mit folgenden Verfahrensschritten:
Es werden das Summensignal (S) und das Differenzsignal (D) der beiden Mikrofonsignale (MS1, MS2) gebildet,
es werden die Fouriertransformierte R(f) des Summensignals (S) und die Fouriertransformierte D(f) des Differenzsignals (D) gebildet,
aus den Fouriertransformierten R(f) und D(f) werden 10 Sprachpausen detektiert,
aus der Fouriertransformierten R(f) des Summensignals (S) wird die spektrale Leistungsdichte S_{rr} ermittelt,
aus der Fouriertransformierten D(f) des Differenzsignals (D) wird die spektrale Leistungsdichte S_{DD} ermittelt,
aus der spektralen Leistungsdichte S_{rr} der Fouriertransformierten R(f) des Summensignals (S) und aus der spektralen Leistungsdichte S_{DD} der Fouriertransformierten D(f) des Differenzsignals (D) wird die Übertragungsfunktion $H_T(f)$ für ein adaptives Transformationsfilter (TF) berechnet,
das adaptive Transformationsfilter (TF) erzeugt durch Multiplikation der Leistungsdichte S_{DD} der Fouriertransformierten D(f) des Differenzsignals (D) mit seiner Übertragungsfunktion $H_T(f)$ die Störleistungsdichte $S_{nn}(f)$
aus der Störleistungsdichte $S_{nn}(f)$ und aus der spektralen Leistungsdichte S_{rr} der Fouriertransformierten R(f) des Summensignals (S) wird die Übertragungsfunktion $H_{sub}(f)$ eines Spektralsubtraktionsfilters (SF) berechnet,
das Spektralsubtraktionsfilter (SF) filtert die Fouriertransformierte R(f) des Summensignals (S) und das Ausgangssignal des Spektralsubtraktionsfilters (SF) wird in den Zeitbereich zurück transformiert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Übertragungsfunktion $H_T(f)$ des Transformationsfilters (TF) während Sprachpausen nach folgender Formel gebildet wird:

$$H_T(f) = S_{rrp}(f)/S_{DDp}(f) \quad (1)$$

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Koeffizienten der Übertragungsfunktion $H_T(f)$ des Transformationsfilters (TF) zeitlich gemittelt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Berechnung der spektralen Leistungsdichte S_{rr} aus der Fouriertransformierten R(f) des Summensignals (S) und der spektralen Leistungsdichte S_{DD} aus der Fouriertransformierten D(f) des Differenzsignals (D) durch zeitliche Mittelung erfolgt.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die spektrale Leistungsdichte S_{rr} nach folgender Formel berechnet wird:

$$S_{rr}(f, k) = c \cdot |R(f)|^2 + (1 - c) \cdot S_{rr}(f, k - 1) \quad (2)$$

wobei k einen Zeitindex darstellt, und c eine Konstante zur Bestimmung der Mittelungsdauer ist.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die spektrale Leistungsdichte S_{DD} nach folgender Formel berechnet wird:

$$S_{DD}(f, k) = c \cdot |D(f)|^2 + (1 - c) \cdot S_{DD}(f, k - 1) \quad (3)$$

wobei k einen Zeitindex darstellt, und c eine Konstante

zur Bestimmung der Mittelungsdauer ist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-6, dadurch gekennzeichnet, daß zur Detektion der Sprachpausen die Kurzzeitleistung der Fouriertransformierten R(f) des Summensignals (S) und der Fouriertransformierten D(f) des Differenzsignals (D) ermittelt wird und daß eine Sprachpause detektiert wird, wenn die beiden ermittelten Kurzzeitleistungen innerhalb eines vorgeblichen gemeinsamen Toleranzbereiches liegen.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-7, dadurch gekennzeichnet, daß die Übertragungsfunktion $H_{sub}(f)$ des Spektralsubtraktionsfilters (SF) nach folgender Formel berechnet wird:

$$H_{sub}(f) = 1 - a \cdot S_{nn}(f)/S_{rr}(f)$$

$$H_{sub}(f) = b \quad (5)$$

$$\text{für } 1 - a \cdot S_{nn}(f)/S_{rr}(f) > b$$

$$\text{für } 1 - a \cdot S_{nn}(f)/S_{rr}(f) \leq b$$

wobei a den sog. "Überschätzfaktor" und b den sog. "spectral floor" darstellen.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-8, dadurch gekennzeichnet, daß die Laufzeitunterschiede zwischen den beiden Mikrofonsignalen (MS1, MS2) ausglichen werden.

10. Freisprecheinrichtung mit zwei in vorgebbaarem Abstand zueinander angeordneten Mikrofonen (M1, M2), dadurch gekennzeichnet,
daß der Ausgang des ersten Mikrofons (M1) mit dem ersten Eingang eines Addierers (AD) und dem ersten Eingang eines Subtrahierers (SU) verbunden ist,
daß der Ausgang des zweiten Mikrofons (M2) mit dem zweiten Eingang des Addierers (AD) und dem zweiten Eingang des Subtrahierers (SU) verbunden ist,
daß der Ausgang des Addierers (AD) mit dem Eingang eines ersten Fouriertransformators (F1) verbunden ist, dessen Ausgang mit dem ersten Eingang eines Sprachpausendetektors (P), mit dem Eingang einer ersten Recheneinheit (LS) zur Berechnung der spektralen Leistungsdichte S_{rr} und mit dem Eingang eines adaptiven Spektralsubtraktionsfilters (SF) verbunden ist,
daß der Ausgang des Subtrahierers (SU) mit dem Eingang eines zweiten Fouriertransformators (F2) verbunden ist, dessen Ausgang mit dem zweiten Eingang des Sprachpausendetektors (P) und mit dem Eingang einer zweiten Recheneinheit (LD) zur Berechnung der spektralen Leistungsdichte S_{DD} verbunden ist,
daß der Ausgang des Sprachpausendetektors (P), der ersten Recheneinheit (LS) und der zweiten Recheneinheit (LD) mit einer dritten Recheneinheit (R) zur Berechnung der Übertragungsfunktion $H_T(f)$ eines adaptiven Transformationsfilters (TF) verbunden sind,
daß der Ausgang der ersten Recheneinheit (LS) mit dem ersten Steuereingang des adaptiven Spektralsubtraktionsfilters (SF) verbunden ist,
daß der Ausgang der dritten Recheneinheit (R) mit dem Steuereingang des adaptiven Transformationsfilters (TF) verbunden ist, dessen Eingang mit dem Ausgang der zweiten Recheneinheit (LD) und dessen Ausgang mit dem zweiten Steuereingang des adaptiven Spektralsubtraktionsfilters (SF) verbunden ist, und

daß der Ausgang des adaptiven Spektralsubtraktionsfilters (SF) mit dem Eingang eines inversen Fouriertransformators (IF) verbunden ist, an dessen Ausgang ein in den Zeitbereich zurück transformiertes Audiosignal (A) abnehmbar ist.

11. Freisprecheinrichtung nach Anspruch 10, dadurch

gekennzeichnet, daß die Übertragungsfunktion $H_T(f)$ des Transformationsfilters (TF) während Sprachpausen nach folgender Formel gebildet ist:

$$H_T(f) = S_{\text{rrp}}(f)/S_{\text{DDp}}(f) \quad (1)$$

5

12. Freisprecheinrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Koeffizienten der Übertragungsfunktion $H_T(f)$ des Transformationsfilters (TF) zeitlich gemittelt sind. 10

13. Freisprecheinrichtung nach Anspruch 10, 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die spektrale Leistungsdichte S_{rr} aus der Fouriertransformierten $R(f)$ des Summensignals (S) und daß die spektrale Leistungsdichte S_{DD} aus der Fouriertransformierten $D(f)$ 15 des Differenzsignals (D) durch zeitliche Mittelung gebildet sind.

14. Freisprecheinrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die spektrale Leistungsdichte S_{rr} nach folgender Formel berechnet ist: 20

$$S_{\text{rr}}(f, k) = c \cdot |R(f)|^2 + (1 - c) \cdot S_{\text{rr}}(f, k - 1) \quad (2)$$

wobei k einen Zeitindex darstellt und c eine Konstante zur Bestimmung der Mittelungsdauer ist. 25

15. Freisprecheinrichtung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß die spektrale Leistungsdichte S_{DD} nach folgender Formel berechnet ist:

$$S_{\text{DD}}(f, k) = c \cdot |D(f)|^2 + (1 - c) \cdot S_{\text{DD}}(f, k - 1) \quad (3) \quad 30$$

wobei k einen Zeitindex darstellt, und c eine Konstante zur Bestimmung der Mittelungsdauer ist.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 10–15, dadurch gekennzeichnet, daß zur Detektion der Sprachpausen die Kurzzeitleistung der Fouriertransformierten $R(f)$ des Summensignals (S) und der Fouriertransformierten $D(f)$ des Differenzsignals (D) ermittelt ist und daß eine Sprachpause detektiert ist, wenn die beiden ermittelten Kurzzeitleistungen innerhalb eines vorgehah- 35 ren gemeinsamen Toleranzbereiches liegen. 40

17. Freisprecheinrichtung nach einem der Ansprüche 10–16, dadurch gekennzeichnet, daß die Übertragungsfunktion $H_{\text{sub}}(f)$ des Spektralfunktionsfilters (SF) nach folgender Formel berechnet ist: 45

$$H_{\text{sub}}(f) = 1 - a \cdot S_{\text{rr}}(f)/S_{\text{rr}}(f)$$

$$H_{\text{sub}}(f) = b \quad (5)$$

-----50-----

für $1 - a \cdot S_{\text{rr}}(f)/S_{\text{rr}}(f) > b$

für $1 - a \cdot S_{\text{rr}}(f)/S_{\text{rr}}(f) \leq b$

wobei a den sog. "Überschätzfaktor" und b den sog. "spectral floor" darstellen.

18. Freisprecheinrichtung nach einem der Ansprüche 55 10–17, dadurch gekennzeichnet, daß die Laufzeitunterschiede zwischen den beiden Mikrofonsignalen (M1, M2) ausgleichbar sind.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

60

